

Школа Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
 Отделение школы (НОЦ) Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ С ВОДОРОДНЫМ ПЕРЕГРЕВОМ

УДК 621.311.22.002.5:621.182.2-622

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б5А1	Лопата Михаил Дмитриевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ	С.А. Цибульский	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцента ОСГН ШБИП	З.В Криницына	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент отделения общетехнических дисциплин	О.А. Немцова	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, доцент НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ	А.М.Антонова	к.т.н., доцент		

Томск – 2020 г.

Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы бакалавриата, указанными в ФГОС ВПО по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
	<i>Универсальные компетенции</i>
P1	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе <i>на иностранном языке</i> , разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты <i>комплексной</i> инженерной деятельности.
P2	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, в том числе междисциплинарном, с делением ответственности и полномочий при решении <i>комплексных</i> инженерных задач.
P3	Демонстрировать <i>личную</i> ответственность, приверженность и следовать профессиональной этике и нормам ведения <i>комплексной</i> инженерной деятельности с соблюдением правовых, социальных, экологических и культурных аспектов.
P4	Анализировать экономические проблемы и общественные процессы, участвовать в общественной жизни с учетом принятых в обществе моральных и правовых норм.
P5	К достижению должного уровня экологической безопасности, энерго- и ресурсосбережения на производстве, безопасности жизнедеятельности и физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
P6	Осознавать необходимость и демонстрировать <i>способность к самостоятельному обучению в течение всей жизни</i> , непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии, организации обучения и тренинга производственного персонала.
	<i>Профессиональные компетенции</i>
P7	Применять <i>базовые</i> математические, естественнонаучные, социально-экономические знания в профессиональной деятельности <i>в широком</i> (в том числе междисциплинарном) контексте в <i>комплексной</i> инженерной деятельности в производстве тепловой и электрической энергии.
P8	Анализировать научно-техническую информацию, ставить, решать и публиковать результаты решения задач <i>комплексного</i> инженерного анализа с использованием <i>базовых и специальных</i> знаний, нормативной документации, современных аналитических методов, методов математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования.
P9	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных разработок объектов производства тепловой и электрической энергии, выполнять <i>комплексные</i> инженерные проекты с применением <i>базовых и специальных</i> знаний, <i>современных</i> методов проектирования для достижения <i>оптимальных</i> результатов, соответствующих техническому заданию <i>с учетом</i> нормативных документов, экономических, экологических, социальных и других ограничений.
P10	Проводить <i>комплексные</i> научные исследования в области производства тепловой и электрической энергии, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных, и их подготовку для составления обзоров, отчетов и научных публикаций с применением <i>базовых и специальных</i> знаний и <i>современных</i> методов.

P11	Использовать информационные технологии, использовать компьютер как средство работы с информацией и создания новой информации, осознавать опасности и угрозы в развитии современного информационного общества, соблюдать основные требования информационной безопасности.
P12	Выбирать и использовать необходимое оборудование для производства тепловой и электрической энергии, управлять технологическими объектами на основе АСУТП; использовать инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений.
	<i>Специальные профессиональные</i>
P13	Участвовать в выполнении работ по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов теплоэнергетического производства, контролировать организацию метрологического обеспечения технологических процессов теплоэнергетического производства, составлять документацию по менеджменту качества технологических процессов на производственных участках.
P14	Организовывать рабочие места, управлять малыми коллективами исполнителей, к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений, планированию работы персонала и фондов оплаты труда, организовывать обучение и тренинг производственного персонала, анализировать затраты и оценивать результаты деятельности первичных производственных подразделений, контролировать соблюдение технологической дисциплины.
P15	Использовать методики испытаний, наладки и ремонта технологического оборудования теплоэнергетического производства в соответствии с профилем работы, планировать и участвовать в проведении плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ, в том числе, при освоении нового оборудования и (или) технологических процессов.
P16	Организовывать работу персонала по обслуживанию технологического оборудования теплоэнергетического производства, контролировать техническое состояние и оценивать остаточный ресурс оборудования, организовывать профилактические осмотры и текущие ремонты, составлять заявки на оборудование, запасные части, готовить техническую документацию на ремонт, проводить работы по приемке и освоению вводимого оборудования.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа энергетики
Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Отделение школы (НОЦ) Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ А.М. Антонова
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
З-5Б5А1	Лопата Михаил Дмитриевич

Тема работы:

Анализ эффективности электростанции с водородным перегревом
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	1 июня 2020 года
--	------------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Целью обзора является сбор и обобщение информации об опыте применения водородного перегрева пара на ТЭС. Объектом исследования в работе является применение водородного перегрева на примере турбины К-500-240. Предметом исследования выступают факторы, определяющие возможность увеличения эффективности современных энергоблоков за счет применения водородного перегрева пара.</p>
--	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1. Обзор и анализ технической литературы 2. Анализ технологий производства водорода 3. Расчет тепловой схемы энергоблока К-500-240 3.1 Номинальный режим 3.2 С водородным перегревом пара 4. Финансовый менеджмент 5. Социальная ответственность Заключение</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Схемы установок, характеристики и показатели работы</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент</p>	<p>З.В.Криницын, Доцент ОСГН ШБИП</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>О.А Немцова, Ассистент отделения общетехнических дисциплин</p>
<p></p>	<p></p>
<p></p>	<p></p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p></p>	
<p></p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p></p>
--	---------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ	С.А. Цибульский	к.т.н., доцент		01.12.19

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б5А1	Лопата Михаил Дмитриевич		01.12.19

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа _____ 92 _____ с., _____ 12 _____ рис., _____ 5
табл., _____ 19 _____ источников, _____ прил.

Ключевые слова: ВОДОРОД, КАМЕРА СГОРАНИЯ, ТУРБИНА, ПОДОГРЕВАТЕЛЬ, ДЕАЭРАТОР.

Объектом исследования является анализ эффективности применения водородного перегрева на приме энергоблока К-500-240.

Цель работы – проведение анализа использования водорода, как источника тепловой и электрической энергии в водородно-угольных ТЭС.

В процессе исследования проводилось описание методов и технологий получения водорода, в целях дальнейшего его использования на тепловых электрических станциях. Даны характеристики каждого из методов. Были рассмотрены тепловые циклы с применением водорода, сжигание которого осуществляется в специальной камере сгорания. Использование такой камеры сгорания возможно в качестве внешнего пароперегревателя для гибридной ТЭС, что позволяет увеличить начальные параметры пара, а вследствие этого и увеличить КПД цикла.

В результате исследования было выяснено, что водородный промежуточный перегрев пара на этапе освоения гибридных энергоблоков является наиболее целесообразным решением, поскольку позволяет увеличить электрическую мощность блока практически вдвое при одновременном увеличении КПД паротурбинной установки до 61 %, что находится на уровне лучших образцов парогазовых установок.

Степень внедрения: на тепловых электрических станциях сверхкритических параметров пара.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

НРСВ– high pressure combustion burner— камера сгорания высокого давления;

ЛРСВ– low pressure combustion burner— камера сгорания низкого давления;

ННТ– high temperature steam turbine— высокотемпературная паровая турбина;

НІТ– intermediate high temperature steam turbine— среднетемпературная паровая турбина;

НRBL-high pressure recovery boiler– испарительрекуператор высокого давления;

ПТУ– паротурбинная установка;

ТЭС–тепловые электрические станции;

ВУ ТЭС–водородно угольная тепловая электрическая станция;

ЦВД– цилиндр высокого давления;

БОУ– блочная обессоливающая установка;

ЦВД– цилиндр среднего давления;

ЦНД–цилиндр низкого давления;

ТПЭ– твердополимерный электролит;

ПКМ–паровая конверсия металла;

ПН–питательный насос;

Д–деаэратор;

ПНД–подогреватели низкого давления;

ПВД–подогреватели высокого давления;

Оглавление	
ВВЕДЕНИЕ	10
1 ОБЗОР И АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	12
1.1 Водородные тепловые электрические станции	13
1.2 Обзор схем ТЭС на основе водорода	16
1.2.1 Гибридная ВУ ТЭС	16
2 АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА	20
2.1 Электролитическое разложение воды	21
2.2 Плазмохимический способ получения водорода	23
2.4 Получение водорода из метана	26
2.5 Частичное окисление тяжёлых углеводородных соединений	28
2.6 Получение водорода из твердых горючих ископаемых	28
2.7 Преобразование биомассы	29
3 РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ ЭНЕРГОБЛОКА К-500-240	31
3.1 Описание расчета	31
3.2 Описание тепловой схемы энергоблока К-500-240	31
3.3 Определение параметров конденсата и воды за подогревателями	32
Температура основного конденсата на входе в ПНД1:	36
3.4 Определение параметров пара в отборах	36
3.5 Составление таблицы параметров	39
3.6 Составление уравнений материального баланса	40
3.7 Составление и расчет балансов тепловой схемы	41
3.7.1 Расчет турбопривода питательного насоса	41
3.7.2 Расчет группы подогревателей высокого давления	42
3.7.3 Расчет деаэратора питательной воды	43
3.7.4 Расчет группы ПНД	44
3.8 Проверка материального баланса рабочего тела в схеме	45
3.9 Определение расхода пара на турбину	46
3.10 Проверка мощности	47
3.11 Расчет показателей тепловой экономичности	48
3.12 Расчет при установке водородной камеры сгорания	49

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	59
4.1 Анализ конкурентных технических решений	60
4.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	61
4.3 Бюджет научно-технического исследования	64
4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования	64
4.3.2 Амортизация основных средств	64
4.3.3 Расчет основной заработной платы исполнителей темы	65
4.3.4 Страховые отчисления.....	67
4.3.5 Накладные расходы.....	67
4.4 Определение потенциального эффекта.....	68
5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	70
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	72
5.2 Производственная безопасность.....	74
5.3 Экологическая безопасность.....	82
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	88
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	89
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	90

ВВЕДЕНИЕ

Сейчас во всем мире начинают понимать, что запасы энергетического топлива ограничены. Помимо своей ограниченности, использование топлива в теплоэнергетике оказывает негативное влияние на экологию. Поэтому сейчас ставится вопрос или повышения эффективности предприятий топливно-энергетического комплекса или использование более экологичного топлива.

В генерации тепловой и электрической энергии в мире и России преобладает уголь. Поэтому сейчас исследуются мероприятия по повышению экономичности ТЭС и снижению их негативного влияния на окружающую среду. Вместе с этим исследуются и внедряются в энергетику нетрадиционные источники энергии и альтернативные виды топлива.

Одним из путей, которым можно значительно повысить КПД ТЭС с традиционных 34% до 60% и выше является совместное повышение давления и температуры свежего пара. Одним из путей повышения начальных параметров пара может быть введение в цикл водородного перегрева. Водород сжигается в специальной камере сгорания в двухфазной среде, состоящей из пара и кислорода.

Использование водорода в цикле ТЭС имеет следующие преимущества:

- увеличение КПД цикла ТЭС;
- превращение в воду при сжигании;
- большая теплотворная способность;
- легкость транспортировки;
- отсутствие токсичности;

Одной из отрицательных сторон применения водорода в энергетике является сложность его хранения и добыча. Сейчас эти вопросы постепенно решаются и имеют положительную тенденцию. Разработаны много способов добычи и хранения водорода.

Также водород, можно использовать для двигателей внутреннего сгорания. При сжигании водорода в ДВС не выделяется диоксида углерода поэтому для транспорта он более предпочтителен, чем традиционные источники топлива.

1 ОБЗОР И АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Понятие "водородная энергия" аналогично понятию "электрическая энергия". Каждое из них сочетает в себе ряд технологий для производства, транспортировки, хранения и использования универсальных вторичных носителей энергии (электричества и водорода). Оба носителя энергии могут быть взаимно преобразованы с высокой энергоэффективностью (теоретически до 100%), например, при использовании электрохимических процессов разделения и синтеза воды (электролизеры и топливные элементы). В системах энергоснабжения конечных потребителей энергии оба энергоносителя почти не выделяют вредные выбросы. Однако во время их производства в любом случае осуществляется один или несколько процессов преобразования энергии первичных источников энергии — углеводородного природного топлива, ядерной энергии или возобновляемых источников энергии, которые оказывают соответствующее влияние на окружающую среду. Качества для потребителей этих носителей энергии различны. Водород проще и дешевле, чем электрическая энергия. Его можно использовать в качестве экологически чистого топлива для транспортировки.

Энергетика на основе водорода была создана как одно из направлений научно-технического прогресса и развития теплоэнергетики в целом, особенно в середине 70-х годов прошлого века. По мере расширения области исследований по производству, хранению, транспортировке и использованию водорода экологические преимущества водородной технологии становятся все более очевидными в различных областях национальной экономики. Успехи в развитии ряда технологий на основе водородной энергетики (таких как топливные элементы, системы транспортировки водорода, гидрид металлов и другие) показали, что использование водорода приводит к качественно новым показателям в работе систем или агрегатов. При этом результаты проведенных технико-экономических исследований

показывают[1]: хоть водород и является вторичным носителем энергии, т.е. стоимость его дороже, чем органическое топливо (газ, уголь, нефть), в некоторых случаях его использование становится экономически выгодным. Таким образом, исследования, связанные с использованием энергии водорода, во многих, особенно в промышленно развитых странах, становятся одними из приоритетных направлений развития науки и техники и находят большее финансирование как со стороны госструктур, так и частного капитала [2].

1.1 Водородные тепловые электрические станции

В настоящее время значительное внимание уделяется путям повышения эффективности современных энергоблоков ТЭС. Одним из путей является разработка тепловых циклов с применением водорода, как гибридного топлива. Этому вопросу посвящены работы [2, 3, 4, 5, 6]. В [2] рассматриваются теоретические исследования и основные выкладки по разработке технических решений и выбору основных параметров тепловой схемы гибридного энергоблока 500-800 МВт. При этом автор показывает использование для перегрева газовых камер сгорания. Особый научный интерес представляет вариант, при котором единственным используемым топливом будет служить водород. Объясняем основной принцип устройства такой тепловой машины. На рисунке 1.1.1 показана тепловая диаграмма и термодинамический цикл на диаграмме $t-s$, показанной на рисунке 1.1.2.

Тепло в цикле подается в двух камерах сгорания-НПСВ (камера сгорания высокого давления) и LPCВ (камера сгорания низкого давления), где происходит горение водорода в двухфазной среде (пар-кислород). Затем пар расширяется в отсеках паровой турбины - ННТ (высокотемпературная паровая турбина, высокотемпературная паровая турбина) и НТ (средняя высокотемпературная паровая турбина, паровая турбина средней температуры). Учитывая то, что процесс сжигания водорода намного легче

организовать в среде пара и кислорода, чем в жидкой среде, и тепло в цикле обеспечивается только в камере сгорания, питательная вода должна быть предварительно испарена за счет внутреннего тепла цикла. Для этого в схеме используется специальный узел—HRBL. Процесс после камер сгорания аналогичен процессу основных паротурбинных циклов (расширение пара в турбине, процесс отвода теплоты от пара, нагрев воды, испарение).

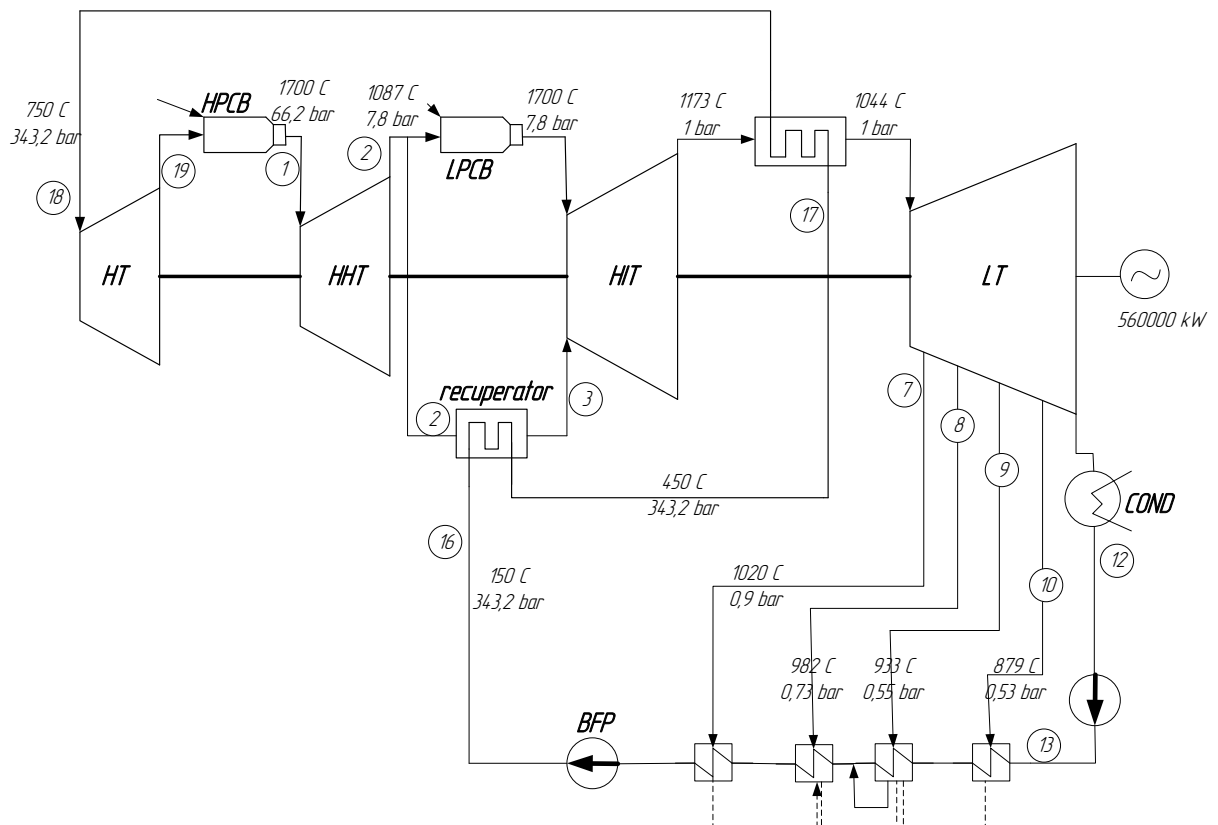


Рисунок 1.1.1 – Тепловая схема водородного энергоблока [16]

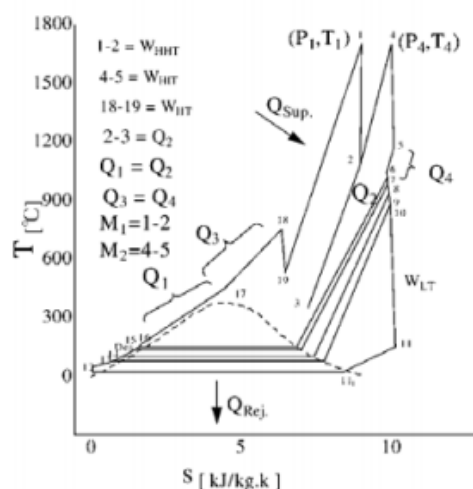


Рисунок 1.1.2- термодинамический цикл водородного энергоблока [16]

Эффективность схемы в случае такого цикла представлена на рисунке 1.1.3 [16]. Из рисунка 1.1.3 видно, что термический КПД такого цикла может быть выше 65%, что превышает значения КПД высокоэффективных парогазовых установок.

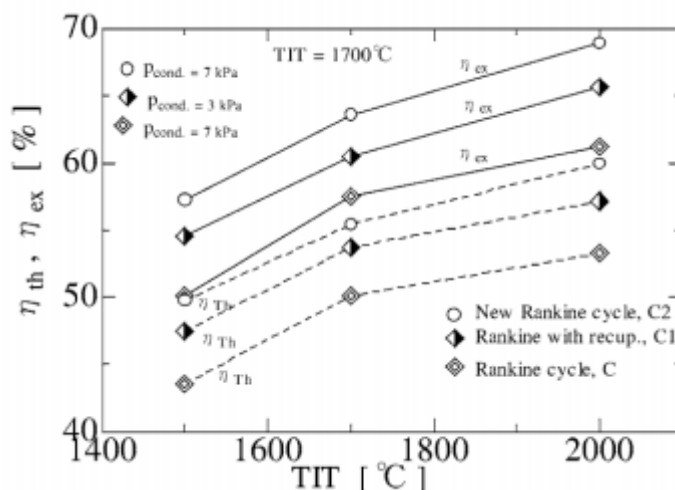


Рисунок 1.1.3 – Показатели термодинамической эффективности водородного энергоблока в зависимости от начальной температуры [16]

Несмотря на высокие ожидания увеличения эффективности от цикла с применением водорода, их практическое применение возможно только в перспективе на ближайшее будущее. Такой цикл показывает значительные преимущества только при сверхвысоких температурах. При уровне температуры, который применяется сейчас в циклах ПТУ, его эффективность будет ниже, чем у традиционных схем энергоблоков [17].

Кроме всего применения высокотемпературных циклов на основе водорода приводит к решению ряда проблем:

- необходимо создать конструкционно сложные элементы для такой схемы;
- необходимо создавать материалы, выдерживающие сверхвысокие температуры.

1.2 Обзор схем ТЭС на основе водорода

1.2.1 Гибридная ВУ ТЭС

Перегрев на основе водорода может применяться в точках свежего пара (на входе в ЦВД) и пара после промежуточного перегрева перед входом в ЦСД в различных сочетаниях. Первая из рассматриваемых схем представлена на рисунке 1.2.1.1, где, камера сгорания на основе водородного перегрева устанавливается на входе пара ЦВД. При использовании парокислородной камеры сгорания дополнительный поток пара, который образуется во время реакции горения водорода в парокислородной среде, смешивается с основным потоком свежего пара. Для отвода излишка рабочего тела в цикле используют специальную линию, которая находится на линии после первого конденсационного насоса и блочной обессоливающей установкой конденсационным насосом, там, где в схемах ТЭС на сверхкритическом давлении вводят добавочную воду, для компенсации потерь, вызванную потерями. Согласно расчетам уже при перегреве на 100°C [2] рабочего тела возникает примерно то количество, которое необходимо для компенсации потерь. То есть при перегреве пара, меньше 100°C , необходимо вводить в цикл добавочную воду, так как затраты, так как утечки в схеме, превышают расход рабочего тела, который образовался при сгорании водорода. При перегреве свежего пара $\Delta t_{0\text{вп}}$ более 100°C количество рабочего тела, которое образовалось при сжигании водорода становится больше внутренних потерь цикла. Поэтому излишки отводятся для различных нужд.

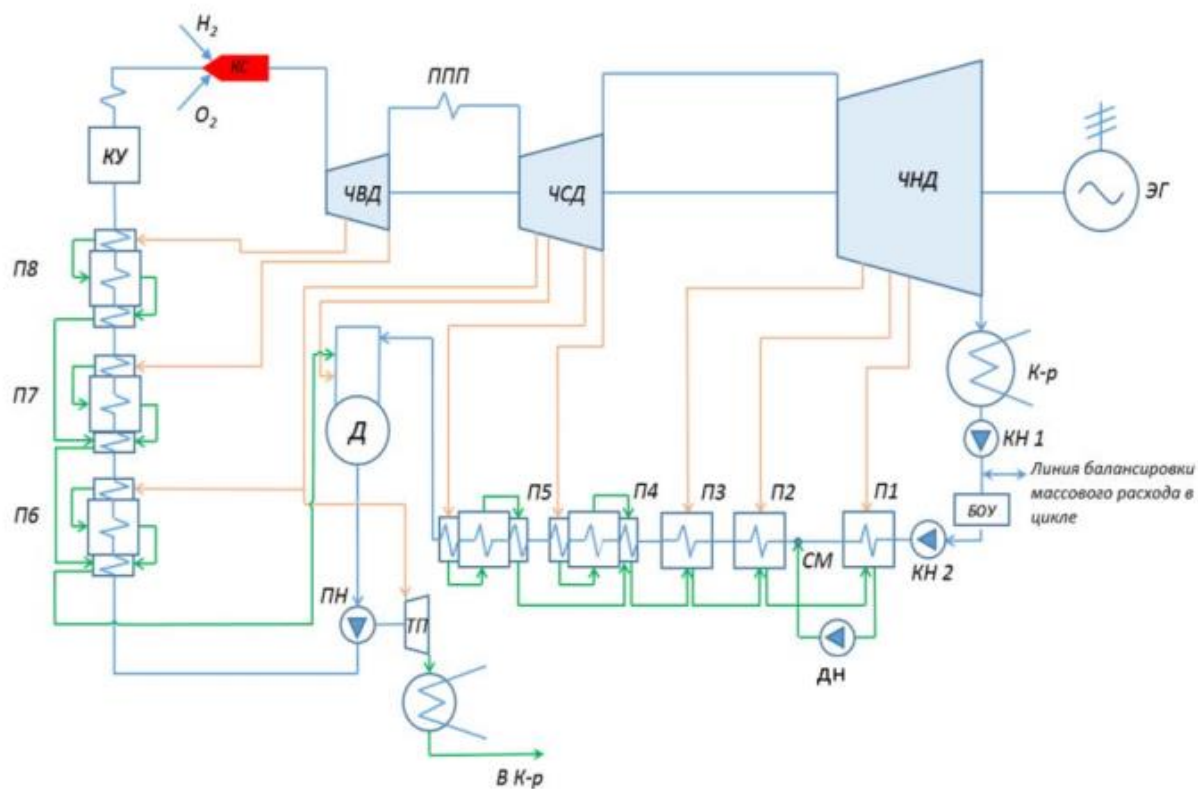


Рисунок 1.2.1.1 - Тепловая схема водородно-угольного энергоблока с перегревом острого пара [6]

В качестве прототипа для исследования использования перегрева пара на основе водорода рассматривались схемы энергоблоков со сверхкритическими параметрами пара (300 МВт, 500 МВт, 1200 МВт).

На рисунке 1.2.1.2 представлен процесс расширения пара в турбине в h - S диаграмме. Процесс расширения показан при различных температурах после водородной камеры сгорания и при фиксировании начальных параметров пара на входе в ЦВД.

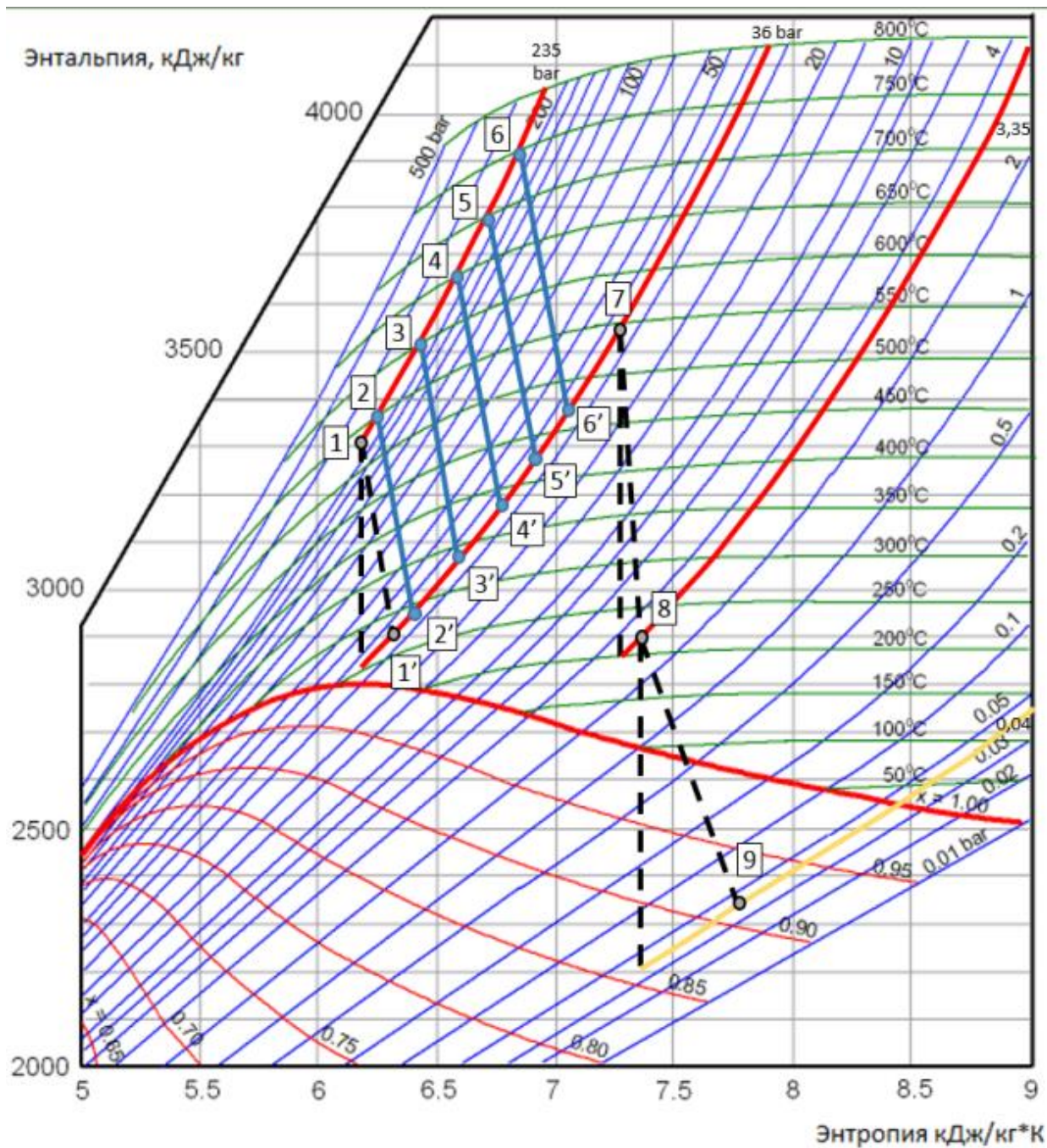


Рисунок 1.2.1.2 – H-s диаграмма процесса расширения пара в турбине с дополнительным водородным перегревом острого пара [5]

Процесс расширения пара в точках 1-1'-7-8-9 такой же как у турбин со сверхкритическими параметрами пара. Когда в схему устанавливается камера сгорания водорода, положение точки 1 начинает сдвигаться вверх по линии изобары ($P_0=23,5$ МПа) и переходит в точки 2–6 в зависимости от температуры дополнительного перегрева в камере сгорания. Точка 3– это

точка с начальной температурой пара $t_0=600^{\circ}\text{C}$ (в этом случае перегрев составляет 60°C), а точка 6– это точка с температурой пара $t_0=750^{\circ}\text{C}$ (перегрев составляет 210°C). Процесс в точках 1–7 – это процесс промежуточного перегрева пара в котле. Удельное количество тепла, переданному рабочему телу составляет $q=h_{\text{пп}}-h_1$.

Необходимо заметить, что при повышении температуры свежего пара в камере сгорания степени снижается количество теплоты, которую нужно подвести в линии промежуточного пароперегревателя в паровом котле. При изменении температуры перегретого пара в камере сгорания и температуры свежего пара базового вариант более чем 300°C $q_{\text{пп}}$ станет равным нулю. Поэтому, при установке водородной камеры сгорания для перегрева свежего пара, количество тепла, которое требуется для промежуточного перегрева постепенно снижается. Такой эффект сокращает расход топлива, необходимый для промежуточного перегрева пара. Из представленного процесса расширения пара в h - S диаграмме видно, что повышение начальной температуры t_0 до $t_{0\text{вп}}$ не смещает положение точек поступления пара в ЦСД при $\Delta t_{0\text{вп}} < 280 - 300^{\circ}\text{C}$ и, соответственно, сам процесс в ЦСД и WYL до поступления пара в конденсатор. Поэтому, при использовании перегрева пара в камере сгорания водорода в диапазоне температур $0^{\circ}\text{C} < \Delta t_{0\text{вп}} < 300^{\circ}\text{C}$ требует изменения элементов тепловой схемы энергоблока:

- ЦВД ПТУ. Для нового цилиндра, необходимо создавать ступени, которые могут работать в области высоких температур.

- Так как меняется количество тепла при промежуточном перегреве. Необходимо реконструировать сам промежуточный пароперегреватель.

При перегреве $\Delta t_{0\text{вп}} > 300^{\circ}\text{C}$ начнет смешаться точка на входе в ЦСД вверх по линии давления, что приведет к изменению параметров в ЦСД и ЦНД. Сместятся и процессы в ЦСД и в ЦНД.

Для перегрева пара больше 300°C с конструктивной точки зрения потребует необходимости применения первых ступеней ЦВД с охлаждением.

2 АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА

Водород входит в состав воды, углеводов.

Для получения водорода нужно разрушить их химические связи и отделить их от реакционной среды.

Водород можно получить следующими методами:

- физический;
- электрохимический;
- химический.

Физический метод заключается в извлечении водорода из газа в компонентном составе, которого находится водород.

Водород, который получили при разложении химических соединений воздействием электрического тока, относится к электрохимическому методу.

Химические методы получения водорода являются наиболее распространенными особенно для нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. Широко используются следующие методы: неполное окисление (газификация, конверсия) и термическое разложение горючего топлива.

Что касается традиционных направлений производства водорода, то они определяются масштабом производства и областью применения (рис. 2.1)

- разделение воды;
- преобразование углеводородного сырья;
- газификации угля;
- разложение биомассы.

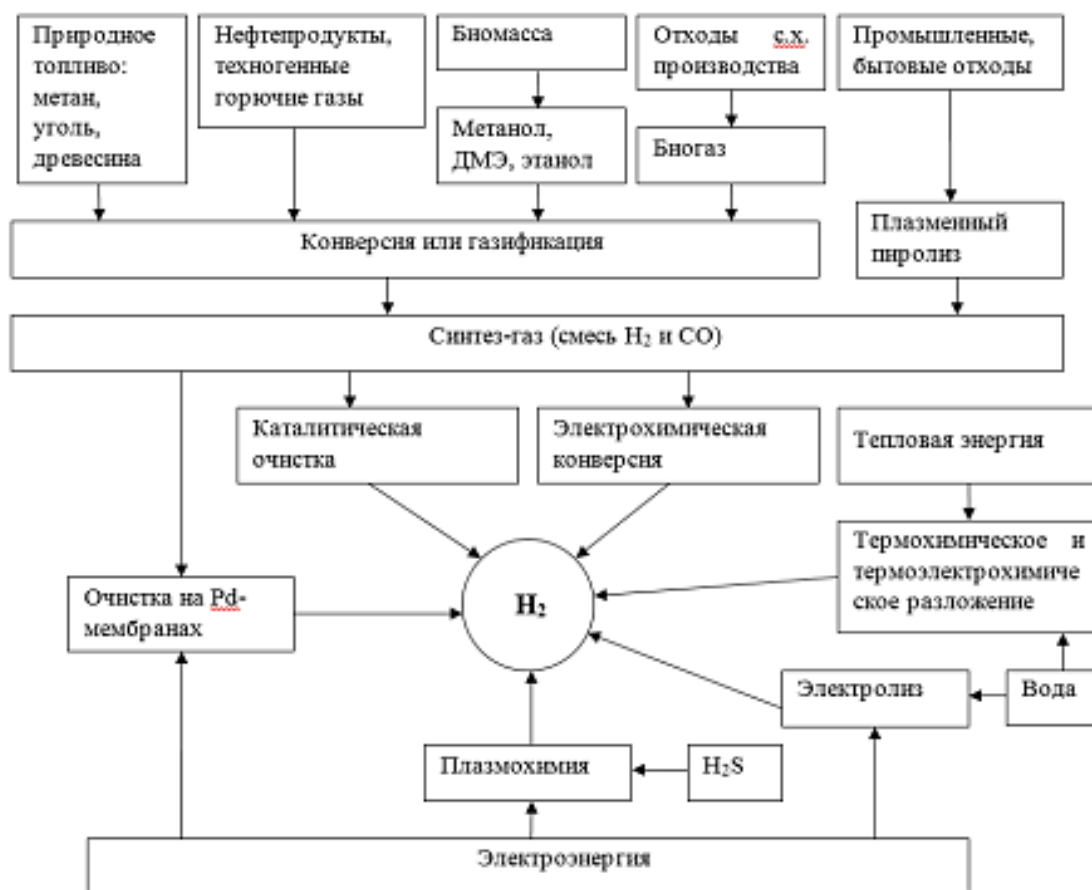
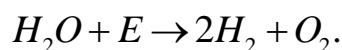


Рисунок 2.1- Возможные источники и пути получения водорода

2.1 Электролитическое разложение воды

При электролизе происходит выделение на электродах кислорода и водорода. Реакция электролиза протекает при протекании электрического тока через воду.

Производство водорода путем электролиза водного раствора с использованием электричества из различных источников является одним из наиболее известных и промышленно доминирующих методов:



Этот метод также считается наиболее универсальным с точки зрения использования первичных источников энергии, поскольку он не нарушает круговорот материи в окружающей среде.

Этот способ имеет следующие достоинства:

- чистота получаемого водорода доходит — до 99,6 – 99,9%;
- простой технологический процесс. Поэтому его легко автоматизировать;
- при электролизе можно получить ценнейшие побочные продукты – тяжелая вода и кислород.

Тяжелая вода хорошо замедляет нейтрон в атомных реакторах. Кроме того, такую воду можно использовать используется в качестве исходного материала для получения дейтерия. Кислород можно использовать как в технологических процессах, так и для очистки воды. Так как любой процесс горения происходит в кислороде, то в нем в случае сжигания можно утилизировать отходы.

- вода общедоступна и практически неисчерпаема;
- в процессе электролиза происходит расщепление воды на водород и кислород

Помимо своих преимуществ, процесс электролиза имеет ряд недостатков.

В электролизном процессе большое количество электрической энергии теряется в виде тепла при протекании тока через раствор электролита. Современные электролитические установки имеют низкую производительность, не более $0,5 \text{ дм}^3$ водорода в час с одного см^3 . Такое малое количество водорода, сказывается исключительно характером протекания электрохимической реакций, на электродных поверхностях.

Процесс электролиза— это процесс с высоким потреблением электрической энергии. Поэтому водород, полученный таким способом,

является довольно дорогим. Даже при наибольшем КПД электролизной установки, цена водорода не может быть ниже чем 650 руб. [4].

На сегодня существуют три основных вида электролитических технологических установок:

- электролизная установка, в которой используется щелочной электролит (рабочая температура достигает 227°C);
- электролизная установка, в которой используется твердый полимерный электролит (рабочая температура достигает 250°C);
- электролизная установка, в которой используется твердый оксидный электролит (рабочая температура до 1027 °C).

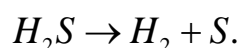
2.2 Плазмохимический способ получения водорода

Метод плазмохимии использует химическую активность ионизированного газа-плазмы. Газы или пары различных веществ доставляются в специальные установки (плазменные факелы), где они генерируют электрические разряды через интенсивное электромагнитное поле, вызывая образование плазмы. Энергия электрического поля переносится на электроны и от них на нейтральные молекулы, которые, в свою очередь, переходят в возбужденное химически активное состояние [15].

Неравновесные плазмохимические системы являются многообещающими, когда электроны, нагретые электромагнитным полем до температуры 10-15 тысяч градусов, избирательно переносят молекулы, а последние разрушаются, образуя необходимые химические соединения. При этом газ в целом остается практически холодным (его температура составляет 100 – 300°C). Важным преимуществом этих систем является объемный характер процессов, происходящих в них. Высокие скорости химических реакций в газовой фазе позволяют достичь огромной производительности [15].

Разложение водяного пара на кислород и водород методом плазмохимии в настоящее время неэффективно. Идеальным объектом для метода плазмохимии является углекислый газ. Коэффициент полезного действия при разложении углекислого газа на окись углерода и кислород превышает 80%. В результате плазмохимией можно разложить углекислый газ и провести взаимодействие двуокиси углерода с водяным паром. В результате образуется водород, а исходное вещество — углекислый газ. Производительность такой плазмохимической системы превысит эффективность электролизеров в десятки тысяч раз, стоимость водорода будет такой же, как при электролизной реакции.

Многие проблемы на месторождениях нефти и газа связаны с выбросом сероводорода или обработанных продуктов в атмосферу. Теперь в промышленности, в лучшем случае, сероводород окисляется кислородом воздуха по методу Клауса, в результате получается сера, а водород связывается с кислородом. Главный недостаток этого процесса заключается в том, что из сероводорода удаляется только сера, а водород переходит в воду. Были проведены эксперименты по разложению сероводорода в плазме, так что на одном этапе были получены два продукта: водород и конденсированная сера [12]. Для этого сероводородная плазма вращалась со скоростью близкой со скоростью звука.



$$\Delta H = 0,2 \frac{\text{эВ}}{\text{моль } H_2}$$

Центробежный эффект обеспечивает значительное отклонение плазмохимической системы от термодинамического равновесия и снижает стоимость энергии для получения кубического метра водорода до десятков ватт. Лабораторные испытания этого процесса показали, что затраты на энергию составляют 0,85 – 1,0 кВт·ч/м³ водорода со скоростью преобразования 45%. Этот водород примерно в 15 раз дешевле электролиза, его можно широко использовать в энергетике и промышленности [17].

2.3 Термохимический способ разложения воды

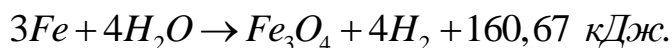
Термохимический метод, которому уделяется достаточно большое внимание заключается в разложении водорода и кислорода при температурах до 2500°C, в то время как предельное значение температуры еще не достигнуто в промышленности. Из-за этого, исследователи стремятся улучшить процессы, происходящие на нескольких этапах, которые позволят производить водород в температурном диапазоне 700-900°C. Сложность этого метода заключается в трудности предотвращения обратной реакции рекомбинации водяных паров.

Циклы термохимического разложения воды состоят из нескольких химических этапов, которые затем регенерируются и протекают с использованием реагентов, которые возвращаются в цикл.

Затраты на водород, полученные термохимическими методами, в полтора-два раза выше, чем водород, полученный электролитическим методом.

Более простыми и эффективными являются комбинированные термохимические и электрохимические методы, которые включают одну или несколько электрохимических реакций.

Также известны методы получения водорода с не активированными металлами и водяным паром при высоких температурах. Восстановление воды (пара) с помощью нагретых базовых металлов известно как метод металл-пара для получения водорода. Одним из разновидностей этой технологии является так называемый метод железа и пара для получения водорода, при котором пар пропускается через железо при 500-1000°C:



Недостатки такого процесса:

- большие затраты энергии из-за высокой температуры;
- необходимость использования большого количества тепла;

– эффективность процесса невысока.

2.4 Получение водорода из метана

В настоящее время основными коммерческими технологиями для производства водорода из метана являются:[5] (рисунок 2.4.1):

- паровая конверсия (риформинг) метана;
- автотермический риформинг метана;
- крекинг метана;
- частичное (парциальное) окисление метана;

В процессе конверсии газа происходит его переработка и изменение состава газовой смеси. Наиболее часто в конверсии газов используют метан и его гомологи. В результате получают или H_2 или CO. На рисунке 2.4.1 представлены основные пути переработки природного газа с целью получения водорода

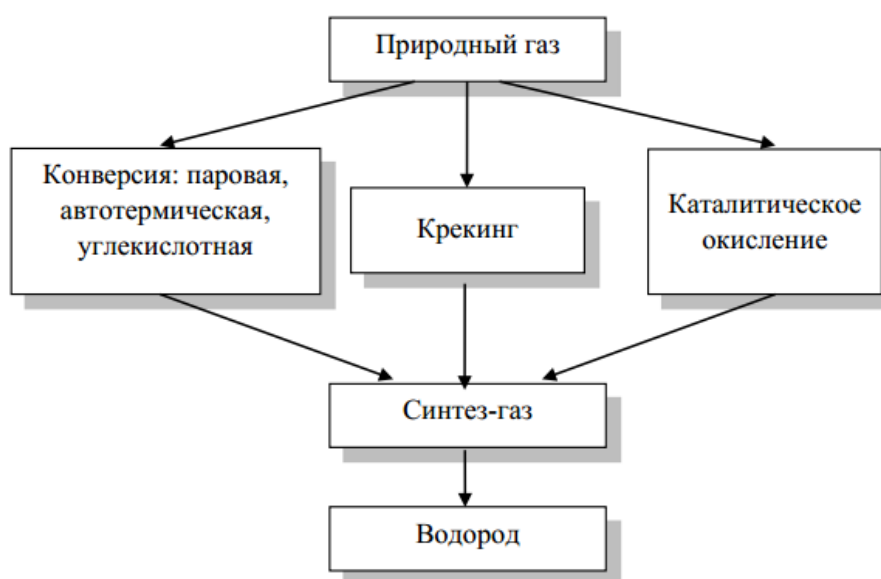
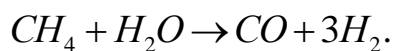


Рисунок 2.4.1 – Основные пути переработки природного газа с целью получения водорода

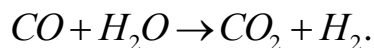
В настоящее время в процессе паровой конверсии метана производится большая часть водорода, производимого в промышленных масштабах. Водород, полученный таким образом, в основном используется в качестве реагента для очистки нефти, компонента азотных удобрений и для ракетной инженерии.

В процессе конверсии метана пар реагирует с природным газом при высоких температурах и средних давлениях ($1,5 - 2 \text{ кгс/см}^2$) в присутствии никелесодержащего катализатора (до 20% Ni в качестве NiO). Катализатор имеет форму колец рашига и представляет собой керамическую основу с нанесенным каталитическим слоем. Пар и энергия тепла необходимы для отделения водорода от углеродного основания в метане. Процесс продолжается Процесс происходит в трубчатых печах с внешним нагревом (химическими паровыми реформаторами) на каталитических поверхностях [18].

На первой ступени процесса паровой конверсии метана происходит расщепление метана и водяного пара на водород и монооксид углерода:

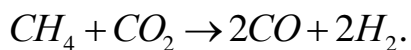


В результате» реакции сдвига", которая следует за этим на втором этапе, окись углерода и вода превращаются в углекислый газ и водород. Эта реакция происходит при температурах 200-250°C:



В настоящее время это самый дешевый (и самый простой) промышленный способ производства водорода. Но для разрушения метана нужна высокая температура. Кроме того, реакция сопровождается выбросами угарного газа и диоксида углерода.

При замене части пара диоксида углерода вместе с преобразованием пара осуществляется преобразование метана в угарный газ



Такой вид конверсии метана не используют в промышленности, потому что в результате получается синтез-газ с низким соотношением водорода к угарному газу.

2.5 Частичное окисление тяжёлых углеводородных соединений

Масляный остаток (отходы) получают в процессах переработки нефти. В отличие от метана, гораздо сложнее получить водород из нефти с высокой плотностью при использовании катализатора. Отходы от процессов нефтепереработки не могут полностью испаряться без образования углерода, кроме того, они содержат большое количество серы. Таким образом, процесс осуществляется неполным сжиганием мазута в присутствии водяного пара.

Затраты на энергию в этом методе на 40% больше (цена за 1 м³ водорода составляет около 750 рублей), поэтому используется реже. Однако, если стоимость природного газа или нефти растёт быстрее, чем стоимость остатков нефти, этот метод может стать обычным явлением.

2.6 Получение водорода из твердых горючих ископаемых.

Технология получения водорода из угля путем газификации (обработки вместе с водяным паром и воздухом или кислородом) в России сохранилось в Ленинградской области, где в настоящее время работают только газогенераторы на легковоспламеняющихся сланцах.

В Российской академии наук в Черноголовке разрабатывают технологию газификации угля в супер адиабатическом режиме. Эта технология позволяет преобразовывать тепловую энергию угля в тепловую энергию синтез-газа с эффективностью 98%.

Процесс термического разложения углей широко используется в коксовой химической промышленности, где водород является побочным продуктом.

По мнению [6] производство водорода при газификации твердого топлива не перспективно из-за дороговизны.

2.7 Преобразование биомассы

Водород из биомассы получают термохимическим или биохимическим способом [2, 7].

В термохимическом методе биомасса нагревается до 500-800°C (для древесных отходов) без доступа кислорода, что намного ниже температуры процесса газификации угля. В результате выделяются H_2 , CO и CH_4 .

В настоящее время стоимость равна 300 руб. – 500 руб. за килограмм водорода.

В биохимическом процессе водород вырабатывается различными бактериями, такими как родобактер-спериоды, например.

Водород из биомассы будет на 10% дороже, чем из угля, если биомасса имеет отрицательную или нулевую стоимость [9].

Затраты энергии в ($кВт \cdot ч/м^3$) при основных технологиях получения водорода представлены на рисунке 2.7.1.

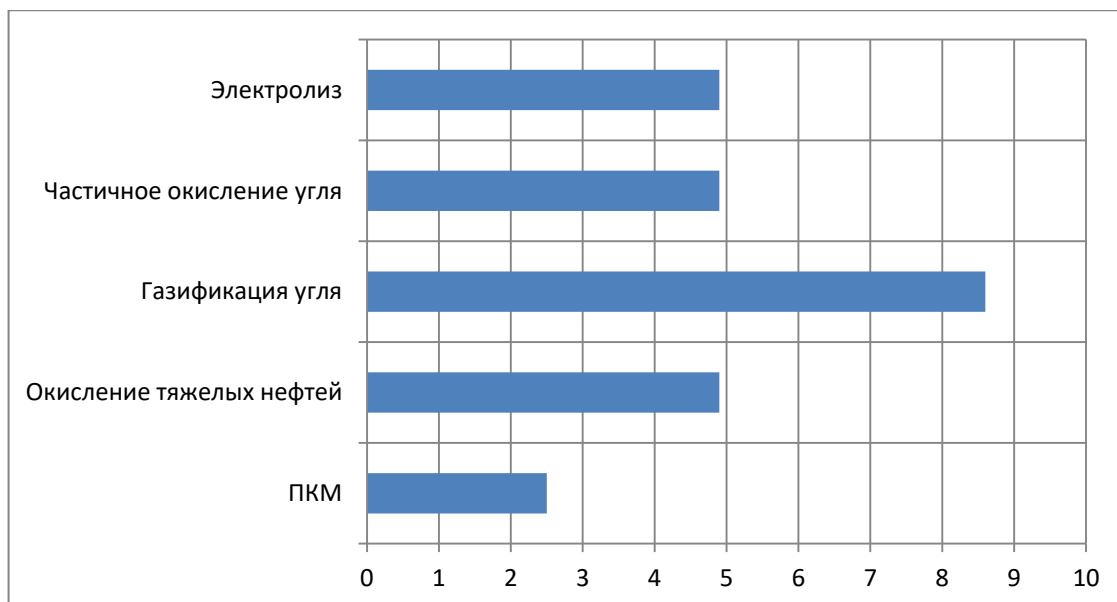


Рисунок 2.7.1- Затраты энергии в (кВт·ч/нм³) при основных технологиях получения водорода

Таблица 3.12.3- Определение КПД при других температурах пара на входе в ЦСД

Температура пара перед ЦСД, °С	600	650	700	750	810	850
Расход тепла на турбоустановку, МВт	1279,3	1338,6	1400	1463,5	1553,9	1597,9
Мощность, МВт	539,9	570,5	603,626	637,8	683,3	712
Расход водорода, кг/с	0,876	1,378	1,897	2,433	3,2	3,568
КПД на выработку ЭЭ	0,435	0,438	0,443	0,447	0,45	0,456
Относительный прирост КПД, %	1,84	2,51	3,61	4,47	5,11	6,36
Относительный прирост мощности, %	7,98	14,10	20,73	27,56	36,66	42,40

Как видим из таблицы 3.12.3, КПД цикла энергоблока увеличивается с ростом температуры и при температуре 850⁰С достигла максимума. При этом мощность турбины увеличилась с 500 МВт до 712 МВт. Это связано с ростом теплоперепада, а также увеличение массового расхода в ЦСД , за счет пара, полученного при сжигании водорода. Из таблицы 3.12.3 также можно сделать вывод, что 1 кг/с даст прирост электрической мощности порядка 50 МВт.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Б5А1	Лопата М.Д

Инженерная школа энергетики		Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова	
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	13.03.01Теплоэнергетика и теплотехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Должностной оклад инженера 21760 руб Должностной оклад руководителя 35120 руб
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизации основных фондов 33,3% Районный коэффициент 1,3
3. Социальные отчисления	Социальные отчисления 30% от ФЗП

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ конкурентных технических решений;
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование работ; Разработка диаграммы Ганта; Формирование сметы затрат на исследование.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Описание потенциального эффекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценочная карта для сравнения производителей котлоагрегатов с учетом корректировки
2. Диаграмма Ганта проведения исследования
3. Бюджет затрат на исследование

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2020
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Криницына Зоя Васильевна	К.т.н., доцент		01.06.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б5А1	Лопата М.Д		01.03.20

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Одной из основных задач устойчивого развития мировой тепловой энергетики остается, как и прежде, дальнейшее совершенствование ТЭС, которое включает в себя повышение экономичности, надежности и экологической чистоты. Проблемы современных ТЭС следующие:

- ограниченность запасов ископаемого сырья;
- воздействие ТЭС на окружающую среду;

Решение комплексной задачи стабильного развития мировой энергетики можно найти только с помощью разработки новых высокоэффективных ТЭС. К ТЭС будущего можно отнести угольно-водородные энергетические комплексы.

В новых угольно-водородных энергетических объектах будет возможно достичь сверхвысоких начальных температур пара, что обеспечит существенное повышение экономичности при выработке электрической энергии. Вместе с этим благодаря локализации высокотемпературной области рядом с турбоустановкой рассматриваемое решение не потребует применения большого количества дорогостоящих жаропрочных сплавов на никелевой основе. Применение водородного топлива для перегрева пара позволяет увеличить мощность энергоблока на 30 - 40% без дополнительных выбросов вредных веществ в атмосферу.

Целью раздела является оценка исследования «применения водорода в энергетике» с точки зрения финансового менеджмента и ресурсоэффективности. Для достижения цели необходимо выполнить следующие задачи: анализ конкурентоспособности котлов с ультрасверхкритическим давлением, планирование работ в рамках разрабатываемого проекта, а также расчет бюджета проекта.

4.1 Анализ конкурентных технических решений

Самая большая проблема разработки угольно-водородных ТЭС- это разработка котлов с ультрасверхкритическими параметрами. Потому что чем выше параметры пара перед камерой сгорания –перегревателя тем быстрее происходит реакции горения водорода и соответственно можно получить наилучшие энергетические параметры пара перед турбиной. На данный момент проекты котлоагрегатов существуют у следующих производителей: COMTES (США), J-Power (Япония), NextGenPower (Европейский Союз), Эмальянс (Россия). Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений представлена в таблице 4.1.1, 4.1.2.

Таблица 4.1.1- Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Производитель	Процент КПД	Ремнт.п риг.	Жаропрочность материалов	Экологичность	Цена	Надёжность	Сумма
Comtes	7	6	9	8	5	9	44
NextGenPower	8	7	9	8	6	9	47
J-Power	8	6	9	9	6	7	45
Эмальянс	8	9	9	8	7	8	49
Важность (b _i)	4	4	5	4	3	5	25
Вес (W _i)	0,16	0,16	0,2	0,160	0,12	0,2	1

Таблица 4.1.2- Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений с учетом корректировки

Производитель	Процент КПД	Ремнт.п риг.	Жаропрочность материалов	Экологичность	Цена	Надёжность	Сумма
Comtes	1,12	0,96	1,80	1,28	0,60	1,80	7,56
NextGenPower	1,28	1,12	1,80	1,28	0,72	1,80	8,00
J-Power	1,28	0,96	1,80	1,44	0,72	1,40	7,60
Эмальянс	1,28	1,44	1,80	1,28	0,84	1,60	8,24

Анализ по оценочной карте показал, что оптимальным вариантом является котел фирмы Эмальянс. Главными критериями выбора были жаропрочность материалов и стоимость оборудования. Материалы у всех котлов практически одинаковы, но по цене компания Эмальянс выигрывает. Надежность котлов Эмальянс ниже, чем у других производителей, но так как компания находится в России у нее очень хорошее сервисное постобслуживание.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

Все этапы разработки должны быть упорядочены во времени. Необходимо определить последовательность работ, являющуюся наиболее рациональной с точки зрения минимальных затрат времени на осуществление всего комплекса работ.

Планирование работы заключается в следующем: составление перечня работ, необходимых для достижения поставленной задачи; определение участников работы; установление продолжительности работы в рабочих днях; построение линейного или сетевого графика и его оптимизации [17].

Для реализации работы над НИР вся работа должна быть поделена на временные отрезки. Должна быть осуществлена примерная оценка максимального времени работы над задачей и минимальное время.

Для небольших работ целесообразно применять линейный график. Для определения ожидаемого значения продолжительности работы применяют формулу, основанную на использовании двух оценок:

Пример для постановки задачи:

$$t_{ож} = \frac{(3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max})}{5} = \frac{(3 \cdot 1 + 2 \cdot 1)}{5} = 1 \quad (4.1)$$

Перечень работ, исполнители, а также оценка трудоемкости отдельных видов работ приводится в таблице 4.2.1.

Таблица 4.2.1 - Трудоемкость работ

Наименование работы	Исполнители работы	Трудоемкость работ,			Длительность работ, дни	
		tmin	tmax	toж	Тр	Тк
Постановка задачи и получение задания	Научный руководитель	1	1	1	1	1
	Инженер	1	1	1	1	1
Выбор и изучение научно-технической литературы	Инженер	6	10	8	8	10
Анализ получения водорода	Инженер	6	10	8	8	10
Анализ получения водорода	Инженер	7	11	9	9	11
Анализ гибридной ТЭС	Инженер	7	12	10	10	12
Расчет Гибридной ТЭС	Научный руководитель	2	3	3	3	4
	Инженер	6	10	8	8	10
Техническое описание расчетов	Инженер	8	10	9	9	11
Доработка исследования	Инженер	7	10	9	9	11
Обработка результатов	Инженер	7	10	9	9	11
Анализ результатов	Инженер	6	8	7	7	9
	Научный руководитель	2	3	3	3	4
Оформление результатов расчета	Инженер	5	9	7	7	9
	Итого:	71	108	92	92	114

Для иллюстрации плана графика работ по исследованию построим диаграмму Ганта.

Диаграмма Ганта исследования представлена на рисунке 4.2.1



Рисунок 4.2.1 - Диаграмма Ганта исследования

В таблице 4.2.2 представлено общее количество календарных и рабочих дней инженера и руководителя

Таблица 4.2.2 - Количество календарных и рабочих дней инженера и руководителя

	Инженер	Научный руководитель	Итого
Календарные дни	105	9	114
Рабочие дни	85	7	92

Из диаграммы Ганта видно, что общее время работы над исследованием занимает 114 календарных дней, а само исследование поделено на 12 задач. При получении задания 1.02.2020 инженер выполнит полностью исследование к 25.05.2020.

4.3 Бюджет научно-технического исследования

4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Для написания ВКР были приобретены бумага и канцелярские товары.

Стоимость всей канцелярии составляет 3000 рублей.

4.3.2 Амортизация основных средств

При выполнении исследования использовался компьютер поэтому в затратах на исследование необходимо учесть его амортизацию за время использования. Расчет амортизации ведем линейным способом.

Первоначальная стоимость ПК 50000 рублей;

Срок полезного использования для машин офисных код 330.28.23.23 составляет 2-3 года. Тогда норма амортизации составит:

$$A_H = \frac{1}{n} \cdot 100\% = 33,3\% \quad (4.2)$$

Годовые амортизационные отчисления:

$$I_{AM}^{OCH} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ.ГОД}} A_H \cdot C_{КОМП} = \frac{107}{365} \cdot 0,333 \cdot 50000 = 4881 \text{ руб.} \quad (4.3)$$

Где,

$T_{КАЛ} = 107$ дней - число календарных дней работы над исследованием.

$T_{КАЛ.ГОД} = 365$ дней - действительный годовой фонд календарного времени.

4.3.3 Расчет основной заработной платы исполнителей темы

Расчет заработной платы производится на основании перечня работ и трудоемкости работ. Баланс рабочего времени для 6 дневной рабочей недели представлен в таблице 4.3.3.1. Расчет зарплаты представлен в таблице 4.3.3.2.

Таблица 4.3.3.1- Баланс рабочего времени (для 6-дневной недели)

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарные дни	365	365
Нерабочие дни (праздники/выходные)	14/44	14/48
Потери рабочего времени (отпуск/невыходы по болезни)	56	28
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	275

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле (для инженера)

$$Z_{ДН} = \frac{Z_{М(ИНЖЕНЕР)} \cdot M}{F_{Д}} = \frac{21760 \cdot 10,4}{275} = 822,9 \text{ руб.} \quad (4.3)$$

Где,

$Z_{М(ИНЖЕНЕР)} = 21760$ руб. оклад инженера;

$M = 10,4$ мес – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

$F_d = 275$ дня- годовой фонд рабочего времени;

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{М(РУКОВОДИТЕЛЬ)}} \cdot M}{F_d} = \frac{35120 \cdot 10,4}{251} = 1455,2 \text{ руб.} \quad (4.4)$$

Где,

$Z_{\text{М(РУКОВОДИТЕЛЬ)}} = 35120$ руб.– оклад руководителя (для доцента);

$F_d = 251$ дня-годовой фонд рабочего времени руководителя;

Затраты на заработную плату:

$$Z_{\text{П}} = Z_{\text{ОСН}} + Z_{\text{ДОП}}$$

$Z_{\text{ОСН}}$ – основная заработная плата, руб.

$Z_{\text{ДОП}}$ – дополнительная заработная плата, руб.

Заработная плата основная:

$$Z_{\text{ОСН}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p \cdot (1 + K_{\text{ПР}} + K_d) \cdot K_p$$

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата, руб.

$K_{\text{ПР}}$ – премиальный коэффициент (0,3- 0);

K_d – коэффициент доплат и надбавок (0,2-0,5);

K_p – районный коэффициент (для Томска 1,3);

K_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дни

Таблица 4.3.3.2 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{дн}}$, руб.	$K_{\text{ПР}}$	K_d	K_p	T_p	$Z_{\text{ОСН}}$
Инженер	822,9	0,1	0,2	1,3	85	118213,0
Научный руководитель	1455,2	0,3	0,3	1,3	7	21187,3
Итого:						139400,3

Дополнительная заработная плата исполнителей темы

$$Z_{\text{ДОП}} = 0,1 \cdot Z_{\text{ОСН}} = 0,1 \cdot 139400,3 = 13940 \text{ руб.} \quad (4.5)$$

Затраты на заработную плату

$$З_{\Pi} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}} = 139400,3 + 13940 = 153340,3 \text{ руб.}$$

(4.6)

4.3.4 Страховые отчисления

Данная статья отражает обязательные отчисления по установленным законодательным нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда, государственного фонда занятости и медицинского страхования.

Затраты на социальные нужды рассчитываются как доля (30%) от затрат на оплату труда:

$$И_{\text{соц}} = 0,3 \cdot З_{\Pi} = 0,3 \cdot 153340,3 = 46002,1 \text{ руб.} \quad (4.7)$$

4.3.5 Накладные расходы

При выполнении данного исследования учитывают прочие затраты, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$\begin{aligned} И_{\text{нак}} &= 0,16 \cdot (И_{\text{мат}} + З_{\Pi} + И_{\text{соц}} + И_{\text{ам}}) = \\ &= 0,16 \cdot (3000 + 153340,3 + 46002,1 + 4881) = 33206,8 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (4.8)$$

Смета затрат на исследование представлена в таблице 4.3.5.1

Таблица 4.3.5.1- Смета затрат на исследование

Наименование	Сумма, руб.	Удельный вес, %
Материальные затраты	3000,0	1,25%
Затраты на основную заработную плату	139400,3	57,90%
Затраты на дополнительную заработную плату	13940,0	5,79%
Амортизация основных средств	5200,3	2,16%
Страховые взносы	46002,1	19,11%
Накладные расходы	33206,8	13,79%
Общий бюджет	240749,5	100%

4.4 Определение потенциального эффекта

Выполнен анализ применения водорода в энергетике для гибридных ТЭС в ходе которого можно сказать, что применение водородного промежуточного перегрева пара на этапе освоения гибридных энергоблоков является наиболее целесообразным решением, поскольку позволяет увеличить электрическую мощность блока практически вдвое при одновременном увеличении КПД паротурбинной установки до 61 %, что находится на уровне лучших образцов парогазовых установок, имеющих гораздо более высокую начальную температуру рабочего тела. Такое решение является более оправданным не только с термодинамической, но и с практической точки зрения, поскольку одним из основных узлов является водородно-кислородный пароперегреватель, конструкция которого достаточно хорошо отработана для рассматриваемого уровня давлений.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Б5А1	Лопата М.Д

Школа	Энергетики	Отделение (НОЦ)	И.Н Бутакова
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Тема ВКР:

Анализ использования водородного перегрева на ТЭЦ

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Основным рабочим местом старшего машиниста котлотурбинного цеха оборудования цеха выбрать котлотурбинный цех
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	ТК РФ, N 197 - ФЗ
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	1. Отклонение показателей микроклимата 2. Превышение уровня шума 3. Недостаточная освещенность рабочей зоны 4. Превышение уровня вибрации 5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека
3. Экологическая безопасность:	– указать область воздействия на атмосферу
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Обеспечение устойчивости объекта в чрезвычайных ситуациях

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент отделения общетехнических дисциплин	Немцова О.А			01.03.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
35Б5А1	Лопата М.Д		

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

На сегодняшний день вопрос о корпоративной социальной ответственности крупного бизнеса стоит очень остро в связи с обострением не только экологической обстановки в стране, но и с другими важными вопросами такими как: трудоустройства граждан, культурного развития общества, спорта и здорового образа жизни, подготовки кадрового потенциала страны и т.д. Эти вопросы на современном этапе жизни общества не могут решаться только за счет государства, поэтому крупный бизнес поставлен не только в жесткие условия конкуренции, но и должен нести ответственность за свою деятельность и решать поставленные перед ним социально-экономические задачи.

Для того чтобы программы корпоративной и социальной ответственности приносили различные социальные и

экономические результаты, необходима их интеграция в стратегию компании.

Иными словами, деятельность компании и программы КСО должны иметь одинаковый вектор. Тогда программа КСО будет выступать органическим вспомогательным элементом деятельности компании.

В целом, корпоративная и социальная ответственность предполагает:

- производство в достаточных количествах продукции и услуг, качество которых соответствует всем обязательным нормам, при соблюдении всех законодательных требований к ведению бизнеса;
- соблюдение права работников на безопасный труд при определенных социальных гарантиях, в том числе, создание новых рабочих мест;
- содействие повышению квалификации и навыков персонала;
- защиту окружающей среды и экономию невозполнимых ресурсов;
- защиту культурного наследия;

- поддержку усилий власти в развитии территории, где размещена организация, помощь местным учреждениям социальной сферы;
- помощь малоимущим семьям, инвалидам, сиротам и одиноким престарелым;
- соблюдение общепринятых законодательных и этических норм ведения бизнеса.

Основная возможность существенно увеличить эффективность производства электроэнергии для угольной генерации заключается в значительном повышении начальных параметров паротурбинного цикла. Введение дополнительного водородного перегрева непосредственно перед паровой турбиной в специальных камерах сгорания, где сжигание водорода осуществляется в парокислородной среде, является одним из перспективных решений. Такой подход, с одной стороны, позволит существенно увеличить начальную температуру пара, а с другой стороны, сведет к минимуму область конструктивных элементов, работающих в зоне сверхвысоких температур, тем самым сократив применение дорогостоящих жаропрочных материалов.

Преимуществами водородной энергетики является преодоление трудности на пути к получению альтернативного источника энергии, ученые побуждают высокие эксплуатационные и технологические показатели энергоносителя. Имея низкий показатель вязкости, водород без проблем транспортируется по трубам. Его можно хранить в сжиженном, газообразном состоянии. Он довольно легок, срок хранения продолжительный.

Современные технологии водородной энергетики позволяют получать качественный топливный материал с высоким коэффициентом теплоотдачи. Этот энергоноситель с легкостью можно использовать как в промышленном производстве, так и для отопления жилых зданий. Он безопасен для окружающей среды, не токсичен. Не несет ни малейшей угрозы человеку и животным. По своей сути, водород является отличным топливным

материалом. И есть огромные перспективы его использования. Однако вместе с ними существуют и определенные трудности в его добыче.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства

Регулирование трудового процесса осуществляет Трудовой кодекс Российской Федерации от 30 декабря 2001 года № 197-ФЗ, целями которого Являются [15]:

- создание благоприятных условий труда;
- защита прав и интересов работников и работодателей;
- установление государственных гарантий трудовых прав и свобод граждан.

Согласно ТК РФ, N 197 - ФЗ старший машинист турбинного отделения Бийской ТЭЦ имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра.

Основным рабочим положением оператора является положение сидя, из-за необходимости управления технологическими процессами. Рабочее место для выполнения работ в положении сидя организуется в соответствии с ГОСТ 12.2.032-78. В этом пространстве оператор проводит большую часть своего времени [2].

Из ГОСТа следует, что конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям. Также стоит принимать во внимание характер работы.

Так, при организации рабочего места оператора должны соблюдаться следующие условия:

- соблюдение общих средних антропометрических показателей женщин и мужчин;
- требуемое для работы оборудование должно быть оптимально размещено;
- рабочее пространство должно быть достаточным и позволять производить необходимые движения в ходе работы;
- для выполнения поставленных задач необходимо наличие естественного и искусственного освещения;
- рабочее пространство должно быть достаточно вентилируемым;

Эргономичность

– главное требование при проектировании рабочего места оператора турбинным отделением. К требованиям эргономичного рабочего пространства можно отнести следующее:

- размеры рабочего пространства;
- высота рабочей поверхности стола;
- положение кресла и размеры пространства для ног;
- возможность регулирования рабочего места и положений кресла;
- расстояние и углы обзора средств отображения информации.

5.2 Производственная безопасность

5.2.1 Анализ опасных и вредных факторов

Анализ потенциальных вредных и опасных производственных факторов представлен в виде таблицы 5.2.1

Таблица 5.2.1- Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разраб отка	Изг-ие	Экспл- ия	
1.Отклонение показателей микроклимата		+	+	Нормы производственного микроклимата установлены СанПиН 2.2.4.548-96 [8]
2. Превышение уровня шума		+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ [9].
3.Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	Требования к освещению устанавливаются СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [10]
4. Превышение уровня вибрации		+	+	СН 2.2.4/2.1.8.566 [11].
5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека		+	+	Безопасность при работе с электроустановками регламентируются действующими правилами устройства электроустановок (ПУЭ) [3].
6				СанПиН 2.2.4.548-96

5.2.1.1 Отклонение показателей микроклимата

Условия труда машинистов-операторов турбинного и котельного цехов осложняет наличие источника тепловыделений - турбогенераторов и котлов. Оценка микроклимата проводилась по СанПиНу 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». Анализ результатов показал, что температура воздуха в турбинных отделениях ТЭС в теплое время составляет 21-48°C, относительная влажность (ОВ) - 15-76 %,

скорость движения воздуха - 0,5-2,2 м/с, в холодный период - соответственно 18-38°C, 20-70 %, 0,5-1,5 м/с [8].

Неблагоприятные перепады производственного микроклимата в котельных и турбинных отделениях ТЭС обусловлены наличием многочисленного теплонесущего оборудования. Высокая температура воздуха и низкая (большой частью) относительная влажность в котельно-турбинных цехах объясняется значительными конвективными и радиационными тепловыделениями от оборудования.

Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают человеку полный комфорт, сохраняя нормальное тепловое и функциональное состояние его организма в течение восьмичасового рабочего дня. В этом случае механизмы терморегуляции работают с минимальным напряжением, что не вызывает отклонений в состоянии здоровья человека.

В то же время длительное воздействие неблагоприятных факторов окружающей среды (в частности, микроклимата) в отдельных случаях способно вызывать стойкое нарушение состояния здоровья человека. Например, тепловое излучение, влажность могут привести к ухудшению работы сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Соблюдение гигиенических требований к микроклимату рабочих мест в помещениях позволит минимизировать воздействие вредных производственных факторов.

Показатели микроклимата производственных помещений, рабочих мест санитарным правилам.

Показатели характеристик микроклимата производственных помещений:

- температура воздуха;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового излучения.

Допустимые параметры микроклимата приведены в таблице 5.2.1.1

Таблица 5.2.1.1-Допустимые параметры микроклимата [21]

Период года	Категория работ по уровню энерготрат, Вт.	Температура воздуха, °С.		Температура поверхностей, °С.
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин	
Холодный	Па (175-232)	15,0-16,9	19,1-22,0	14,0-23,0
Теплый	Па (175-232)	18,0-19,9	22,1-27,0	17,0-28,0

Продолжение таблицы 5.2.1.1

Период года	Категория работ по уровню энерготрат, Вт.	Относительная влажность воздуха, %.	Скорость движения воздуха, м/с.	
			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	Па (175-232)	15-75	0,1	0,3
Теплый	Па (175-232)	15-75	0,1	0,4

Для уменьшения влияния отклонения влияния микроклимата создание комнат реабилитации для отдыха машинистов. При этом температура стен и воздуха должна составлять 15-17°C или температура стен - 10-14°C, воздуха - 23-25°C. Оборудовать рабочие места эффективными системами общей и местной вентиляции.

5.2.1.2 Отклонение показателей шума

Шум оказывает неблагоприятное действие не только на органы слуха, но и на всю нервную систему человека, вызывая общее утомление, понижение работоспособности, головные боли и пр. Резонанс резко усиливает вредное воздействие звука. При увеличении в помещении уровня шума общее число речевых сообщений, передаваемых друг другу находящимися в этом помещении людьми, уменьшается, а число требований повторить сообщения увеличивается. В пунктах контроля необходимо создавать приемлемые условия слышимости при минимальном влиянии неблагоприятных факторов на органы слуха оператора. Допустимые значения уровней шума в помещениях пунктов контроля приведены в СН 562-96 ("Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки"). Уровни звукового давления (дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами (Гц): 31,5 Гц – 103 дБ, 63 Гц – 91 дБ, 125 Гц – 83 дБ, 250 Гц – 77 дБ, 500 Гц – 73 дБ, 1000 Гц – 70 дБ, 2000 Гц – 68 дБ.

Для уменьшения отклонения показателей шума необходимо проводить комплекс мер:

- определение на основе шумовых карт участков цехов с наименьшим уровнем звука для выбора маршрутов движения персонала, мест проведения ремонтных работ и профилактического обслуживания агрегатов;
- создание комнат реабилитации для отдыха машинистов. При этом температура стен и воздуха должна составлять 15-17°C или температура стен - 10-14°C, воздуха - 23-25°C уровень шума - до 50 дБ А;
- обеспечение рабочих в зависимости от спектрального состава шума достаточным количеством средств индивидуальной защиты.

5.2.1.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Как известно, почти 90% информации мы получаем через органы зрения. Неудовлетворительная освещенность в помещении, пульсации ламп,

которые незаметны невооруженному глазу, через несколько лет могут привести к различным заболеваниям органов зрения и ухудшению психического здоровья. Не только наше зрение, но и весь человеческий организм остро реагирует на дискомфортный свет. Это проявляется в усталости, сонливости, частых головных болях, повышении артериального давления, и как результат – снижается работоспособность.

Оценка освещенности рабочей зоны необходима для обеспечения нормативных условий работы в помещениях и проводится в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [10], таблица 5.2.1.3.

В производственных условиях используется три вида освещения:

1) естественное (источником его является солнце)

Естественное освещение создается природными источниками света прямыми солнечными лучами и диффузным светом (от солнечных лучей и т.д);

2) искусственное освещение

3) совмещенное освещение.

Искусственное освещение промышленных предприятий осуществляется лампами ДРЛ-250, ДРЛ-500, НГ-30, ЛБ-40.

Совмещенное освещение применяется в том случае, когда только естественное освещение не может обеспечить необходимые условия для выполнения производственных операций.

Таблица 5.2.1.3– Нормы освещения по СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03
«Естественное и искусственное освещение»

Наименование помещения	Характер работы	Нормируемое значение КЕО, %		нормируемая освещенность в искусственном освещении, Лк		Тип светильника
		Комбинированное	боковое	Комбинированное	боковое	
Машинный зал	Наблюдение за производственным процессом (VIII разряд зрительных работ)	1	0,3	75	75	ДРЛ-500
БЦУ	Наблюдение за измерениями, приборами и фиксация (III разряд зрительных работ)	5	2	500-750	300-500	СД ЛБ-40

С качественной стороны искусственное освещение на всех участках котельно-турбинных цехов является низким, не отвечающим требованиям санитарных норм (наличие прямой блескости, значительной неравномерности, недостаточной интенсивности).

Для уменьшения влияния нужно определить места со слабой освещенностью и привести их в норму. Заменить лампы на высокоэффективные.

5.2.1.4 Превышение уровня вибрации

При оценке влияния вибрации на организм человека наиболее важными факторами являются частота и амплитуда вибрации. Пороговая частота вибраций составляет 18 Гц, при меньшей частоте вибрация воспринимается в виде отдельных толчков. Верхний порог частоты воспринимаемых вибраций находится на уровне 1500 Гц. При дальнейшем повышении частоты вибрации возникает ощущение равномерного прикосновения определенной силы.

Вибрации, под воздействием которых может оказаться оператор в производственных условиях, могут быть вызваны главным образом сотрясением пола и других элементов зданий вследствие ударного действия [17]. Передаваясь телу человека, вибрации отражаются на нормальном функционировании отдельных органов и вызывают общее утомление оператора. Необходимо также отметить, что при вибрациях, воздействующих на человека с амплитудой 0,025 мм при частоте от 10 до 130 Гц, существенно уменьшается острота зрения (быстро уменьшается возможность различать показания приборов даже в условиях нормального освещения).

Согласно СН 2.2.4/2.1.8.566-96 (Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий) предельно допустимые значения вибрации рабочих мест категории 3 - технологической типа "а" [11].

Для уменьшения воздействия вибраций и шумов на организм человека можно рекомендовать следующие мероприятия:

- 1) защита людей от вибраций на рабочих местах осуществляется методом виброизоляции путём установки упругих элементов между вибрирующей машиной и основанием. В качестве амортизаторов вибраций используют стальные пружины или резиновые прокладки;

- 2) в качестве индивидуальной защиты от вибраций, передаваемых человеку через ноги, рекомендуется носить обувь на войлочной или толстой микропористой резиновой подошве.

5.2.1.5 Повышенное значение напряжения в электрической цепи

Техническая эксплуатация действующих электроустановок ТЭЦ, подстанций и сетей осуществляется электротехническим персоналом в соответствии с ведомственными «Правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей» (ПТЭ) [3] и «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок».

Электробезопасность – это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного для жизни воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества [16].

При воздействии электрического тока на человека может быть два вида поражений: электрические удары и электрические травмы.

Все помещения делятся по степени поражения людей электрическим током на три класса: без повышенной опасности, с повышенной опасностью, особо опасные.

Щит управления относится к помещению с повышенной опасностью, а котельный цех к особо опасным помещениям.

Для предотвращения возможности поражения электрическим током можно рекомендовать следующие мероприятия:

- 1) при производстве монтажных работ необходимо использовать только исправный инструмент, аттестованный службой КИПиА;
- 2) с целью защиты от поражения электрическим током, возникающим между корпусом приборов и инструментом при пробое сетевого напряжения на корпус, корпуса приборов и инструментов должны быть заземлены;
- 3) при включенном сетевом напряжении работы на задней панели должны быть запрещены;
- 4) все работы по устранению неисправностей должен производить квалифицированный персонал;
- 5) необходимо постоянно следить за исправностью электропроводки.

5.2.1.6 В режиме работы котлов в котельном машинном зале имеет место тепловое (инфракрасное) излучение.

Источником теплового излучения являются котлы и трубопроводы.

Для снижения интенсивности теплового выделения и снижения вероятности термических ожогов по ГОСТ 12.4.123-83 «Система стандартов безопасности труда. Средства коллективной защиты от инфракрасных лучей. Общие технические средства» устанавливаются следующие меры безопасности:

- тепловая изоляция на трубопроводах и котлов, там где температура поверхностей более 45 °С.;
- ограждение мест, в районе которых сильное выделение тепла;
- вентиляция рабочих мест;
- применение спецодежды в соответствии нормам

В таблице 5.3 приведены допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхности тела рабочих от производственных источников, в соответствии с СанПиН 2.2.4.548-96.

Таблица 5.3- допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхности

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, Вт./м., не более
50 и более	35
25-50	70
Не более 25	100

5.3 Экологическая безопасность

5.3.1 Золовое хозяйство пылеугольной ТЭС

Сжигание на электростанциях наименее качественного твердого топлива (с высокой теплотой сгорания, многозольного) приводит к большому выходу золошлаковых материалов.

Для сбора золы и шлака котельных установок, отпуска их потребителям, транспорта золошлаковых материалов внутри главного

корпуса, на площадке ТЭС и за ее пределами, для складирования их в золоотвалах и предотвращения вредного воздействия последних на окружающую среду создаются системы золошлакоудаления, образующие золовое хозяйство тепловой электростанции. Системы золошлакоудаления должны быть допустимыми в экологическом и эффективными в технико-экономическом отношении.

В настоящее время на большинстве действующих электростанций зола и шлак удаляются гидравлическим способом и складировются на поверхности земли в золоотвалах. Наряду с определенными достоинствами – полная механизация процесса золошлакоудаления и возможность транспортировки на большие расстояния – этому способу присущ целый ряд недостатков. К основным из них относятся большой расход воды на транспортировку золы и шлака, изъятие больших площадей земли под золоотвалы, попадание загрязненных сточных вод системы ГЗУ в водоемы.

Для осветления сточной воды золоотвалов до состояния, позволяющего использовать ее в оборотном водоснабжении системы ГЗУ ТЭС, на золоотвалах устраивают отстойные пруды, в которых должен быть объем воды, необходимый и достаточный для восполнения возможных потерь из системы ГЗУ.

5.3.2 Очистка и удаление дымовых газов в атмосферу

Современный этап научно-технической революции характеризуется широким вовлечением в сферу человеческой деятельности всех основных ресурсов оболочки Земли. В таблице 5.3.2.1 приведены данные о загрязняющих выбросах веществ в мировом масштабе в атмосферу в целом и в том числе в результате человеческой деятельности (антропогенных).

Как видно из таблицы 5.3.2.1, по большинству веществ (твердые частицы, оксиды серы и углерода) антропогенные выбросы оказываются соизмеримыми с естественными выбросами соответствующих веществ, а в некоторых случаях превосходят их. Из последней графы следует, что из

общих антропогенных выбросов на долю энергетики приходится около 20-30 %.

Таблица 5.3.2.1-Ежегодное количество примесей, поступающие в атмосферу Земли [12]

Вещество	Загрязняющие выбросы			
	суммарные, Гт/год	в том числе антропогенные		
		всего		В том числе от энергетики
		%	Гт/год	Гт/год
Твердые частицы	3 - 5,5	15 – 50	1 – 2,6	0,1 – 0,5
Оксиды серы	0,25 – 0,35	25 – 55	0,1 – 0,15	0,01 – 0,1
Оксиды азота	1, 2 – 1,5	3 – 6	0,04 – 0,08	0,015 – 0,025
Оксид углерода	0,3 – 0,38	60 – 90	0,2 – 0,35	0,02 – 0,04
Диоксид углерода	70 – 150	15 – 30	15 – 25	1 – 5

На рисунке 5.1 показаны основные источники выбросов вредных веществ ТЭС, оказывающих влияние на состояние атмосферы в районе ее расположения. Потребляя огромное количество топлива и воздуха, котельная установка ПК выбрасывает в атмосферу через дымовую трубу ДТ продукты сгорания, содержащие оксиды углерода CO_x , сернистый ангидрид SO_2 , оксиды азота NO_x .

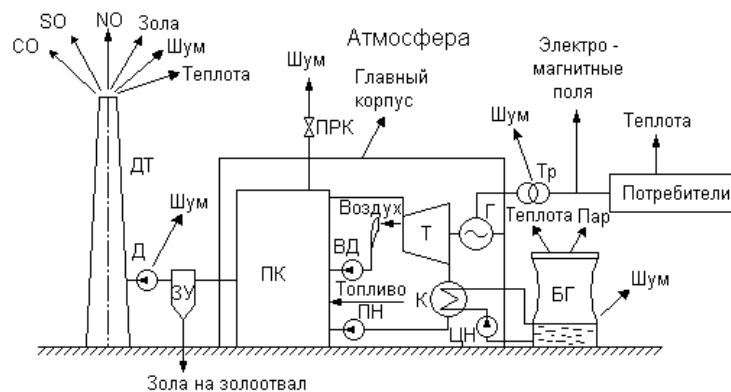


Рисунок 5.1- Схема взаимодействия ТЭС с атмосферой

Основное количество углерода выбрасывается в форме CO_2 и не относится к числу токсичных компонентов, но в глобальном масштабе может оказывать некоторое влияние на состояние атмосферы и даже климат планеты. Оксид углерода CO является токсичным компонентом, однако при рационально построенном процессе горения в топке парового котла он содержится в незначительном количестве.

Главными компонентами, определяющими загрязнение атмосферы в районе расположения ТЭС, является сернистый ангидрид SO_2 и оксиды азота NO и NO_2 . В топочной камере образуется в основном монооксид азота. Однако при движении в атмосфере происходит частичное доокисление, вследствие чего расчет обычно ведут на более токсичный диоксид азота.

Следующим важным компонентом, загрязняющим атмосферу в районе расположения ТЭС, работающих на твердых топливах, является летучая зола, не уловленная в золоуловителе ЗУ. Уловленная зола направляется на золоотвал, на сооружение которого отводится значительная часть полезной территории, причем в процессе хранения золы некоторая ее часть уносится в атмосферу (пыление золоотвалов). Поступление пыли в атмосферу может наблюдаться также со складов твердого топлива.

В атмосферу поступает вся теплота, внесенная топливом либо на самой ТЭС, либо у потребителей энергии. Главная часть (около 50%) теплоты топлива удаляется через охлаждающие устройства циркуляционной воды (БГ – башенная градирня). В случае прямоточного водоснабжения теплота с

циркуляционной водой сбрасывается в гидросферу (реки, озера); 5 – 7 % теплоты удаляется с дымовыми газами из дымовой трубы. Остальное количество теплоты выделяется у потребителей электроэнергии и теплоты.

В районе расположения крупной ТЭС в воздушный бассейн попадают шумы в основном от источников, расположенных на открытом воздухе. Сюда относятся периодические сбросы пара через предохранительные клапаны ПРК, постоянный шум от повышающих трансформаторов Тр, градирен. Особенно вреден шум от осевых дымососов Д, который может распространяться на большой район из устья дымовой трубы ДТ.

На окружающую среду могут оказывать некоторое влияние электромагнитные поля высоковольтных линий электропередачи между ТЭС и потребителями электроэнергии.

Минздравом установлены предельно допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе, которые являются практически безвредными для людей, животных, растительности (таблица № 5.5).

Таблица 5.3.2.2.-Предельно допустимые концентрации некоторых (мг/м³) вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест (извлечения из ГН 2.1.6695-98) [12]

Вещество	Предельно допустимая концентрация, мг/м ³	
	Максимальная разовая	Среднесуточная
Пыль нетоксичная	0,50	0,15
Сернистый ангидрид	0,50	0,05
Диоксид азота	0,085	0,085
Оксид углерода	3,0	1,0
Ванадия пентаоксид	—	2*10 ⁻³
Бенз(а)пирен	—	1*10 ⁻⁵

5.3.3 Снижение выбросов оксидов серы и азота

Очистка от соединений серы. Для снижения выбросов серы существуют два подхода: очистка от соединений серы продуктов сгорания топлива или удаление серы из топлива до его сжигания.

Подавление образования оксидов азота. Оксиды азота могут образовываться в процессе горения в топках мощных паровых котлов при высоких температурах в ядре факела.

Большинство мероприятий по подавлению образования оксидов азота связано со снижением температуры в ядре зоны горения. К числу таких мероприятий относятся следующие:

1) рециркуляция дымовых газов с помощью специального дымососа, забирающего дымовые газы после экономайзера и подающего их в топку. Подмешивая приблизительно 20% дымовых газов, удастся снизить концентрацию NO на 40%;

2) двухстадийное сжигание топлива, когда в нижний пояс горелочных устройств подается все топливо и часть воздуха, необходимого для сжигания (0,8 – 0,9 теоретически необходимого количества). При этом происходит частичная газификация топлива при пониженной температуре в ядре факела по сравнению с полным сжиганием. Далее в верхний пояс подается остальное количество воздуха для дожигания продуктов неполного горения, однако температура при этом возрастает не сильно;

3) ввод воды вместо пара в мазутные форсунки в количестве 8 – 10 % массы топлива позволяет уменьшить концентрацию оксидов азота на 20 – 30 %;

4) существенно снижается образование оксидов азота при низких избытках воздуха

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Под оперативной ликвидацией аварий следует понимать отделение поврежденного оборудования (участка сети) от энергосистемы, а также действия, имеющие целью:

- предотвращение развития аварии;
- устранение опасности для обслуживающего персонала и оборудования, незатронутого аварией;
- восстановление в кратчайший срок, в первую очередь в зоне поражения, питания наиболее ответственных потребителей;
- создание надежной послеаварийной схемы;
- выяснение состояния отключившегося во время аварии оборудования и возможности его включения в работу.

В разделе данной работы были определены и проанализированы вредные и опасные факторы котлотурбинного цеха. Даны общие рекомендации для уменьшения отклонения от нормативных значений. По моему мнению комфорт для сотрудника и безопасные условия труда должны быть одними из приоритетных направлений для современного производства.

Водородный перегрев очень эффективная технология для ТЭС, так как при сжигании водорода не образуется вредных выбросов от ТЭЦ. А его эффективное использование в цикле позволит снизить вредные выбросы ТЭС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При сжигании органического топлива на ТЭС выделяется много вредных выбросов. Чем больше мощность ТЭС, тем выше выбросы. Поэтому сейчас многие станции преследуют цель улучшения эффективности циклов.

В этой работе рассмотрен один из путей увеличения эффективности цикла за счет применения перегрева пара на основе водородного топлива. У водорода очень высокая теплота сгорания и при сгорании он превращается в воду или пар. Поэтому данная технология, не только эффективна, но и экологически-чистая.

Одной из самых технически сложных задач остаётся получение водорода. Самым менее энергозатратным способом получения водорода является паровая конверсия метана. Затраты энергии на получение м^3 водорода составляет 2,5 кВт·ч, а эффективность достигает 80%.

При применении водородного перегрева пара существенно увеличивается КПД энергоблока. При применении водородного перегрева пара после ЦВД до температуры 810°C на примере энергоблока К-500-240 КПД увеличилось с 0,427 до 0,45, а мощность выросла с 500 МВт, до 683 МВт. При этом при расходе в камеру сгорания 1 кг/с водорода даст прирост мощности порядка 50 МВт.

Для увеличения эффективности работы энергоблока лучше ставить два водородных перегрева на линии острого пара и после промежуточного перегрева.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Hydrogen production and storage R&D priorities and gaps // International energy agency. – 2013.
3. Разработка принципиальных технических решений и выбор основных параметров тепловой схемы гибридного угольно-газового энергоблока мощностью 500-800 МВт. Разработка конструкции и экспериментальные исследования опытной модели камеры сгорания для угольно-газового энергоблока: Отчет о НИР (промежуточн.) / ОАО НПО «ЦКТИ»; рук. Верткин М.А. – СПб., 2013. – 72 с.
4. Прибатулин, Н.А. Горение смеси метан-кислород в среде перегретого водяного пара атмосферного давления / Н.А. Прибатулин, О.О. Мильман, А.Р. Богомолов, С.С. Азиханов // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2015. – № 12. – С. 39-44.
5. Гурьянов, А.И. Теплофизика водородно-кислородных камер сгорания высокотемпературных турбин комбинированных ПГУ / А.И. Гурьянов, Г.Ш. Пиралишвили, И.М. Верещагин // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. – 2011. – № 3 (27). – С. 137-144.
6. Clean Coal Centre report 2014 // International Energy Agency. – 2014 – Т.1.
7. Holladay, J.D. An overview of hydrogen production technologies / J.D. Holladay // Catalysis Today. – 2009. – Т. 139. – №. 4. – С. 244-260
8. Zaryankin, A. Hybrid electric power installations with high temperature steam turbines and hydrogen steam superheating / A. Zaryankin, A. Sedlov, S. Arianov, A. Rogalev // Archiwum Energetyki. – 2010. – № 40. – pp. 207-221.
9. Воробьев А.В Расчет показателей тепловой экономичности. Томск. Изд-во ТПУ, 2005 -44с.

9. Аминов, Р.З. Оценка термодинамической эффективности водородных циклов / Р.З. Аминов, А.Н. Егоров // Теплоэнергетика. – 2013. – № 4. – С. 27-33.

10. Зарянкин, А.Е. Гибридные АЭС с внешним по отношению к реактору перегревом пара / А.Е. Зарянкин, А.Н. Рогалев // Материалы Международной научно-технической конференции «Состояние и перспективы развития электротехнологии». – Иваново, 2011. – С. 79-82.

11. Пат. 82774 Российская Федерация, МПК F01K 13/00. Электростанция с угольно-водородным топливом / Федоров В.А., Мильман О.О., Федоров Д.В.; заявители и патентообладатели Федоров В.А., Мильман О.О., Федоров Д.В. – № 2008144313/22; заявл. 11.11.2008; опубл. 10.05.2009, Бюл. № 13. – 8 с. 12.

12. Пат. 156582 Российская Федерация, МПК F01K 19/04. Высокотемпературная паротурбинная установка / Мильман О.О., Шифрин Б.А.; заявитель и патентообладатель ЗАО НПВП «Турбокон». – № 2015119614/06; заявл. 26.05.2015; опубл. 10.11.2015, Бюл. № 31. – 3 с. 13.

13. Аминов, Р.З. Оценка эффективности водородных циклов на базе внепиковой электроэнергии АЭС / Р.З. Аминов, А.Н. Байрамов, О.В. Шацкова// Теплоэнергетика. – 2009 – №11. – С. 41.

14. Малышенко, С.П., Водородные парогенераторы для перспективной энергетики / С.П. Малышенко // Энергия: экономика, техника, экология. – 2010. – № 2. – С.2-7. 15.

15. Рогалев А.Н Разработка научно-методологических основ создания перспективных высокотемпературных комплексов/ Диссертация на соискание ученой степени доктор технических наук. МЭИ.2018 г.

16. Рогалев, А.Н. Способы повышения конкурентоспособности высокотемпературных энергетических комплексов / А.Н. Рогалев // Новое в российской электроэнергетике. – 2018. –№ 2. – С. 6-21.

17. Расчет и конструктивная схема камеры сгорания водородного топлива и система смещения продуктов сгорания (пара) с влажным паром

после цилиндра высокого давления: Отчет о НИР (промежуточн.) / ФГБОУ ВПО «НИУ «МЭИ»; рук. Рогалев Н.Д.; исполн.: Лыкова О.А. [и др.]. – М., 2013. – 115 с

18. Рогалев, А.Н. Разработка и исследование высокотемпературных паротурбинных технологий производства электроэнергии: дисс. канд. техн. наук: 05.14.01 / Рогалев Андрей Николаевич. – М., 2012. – 223.

19. Воробьев А.В. Расчет показателей экономичности ТЭС: ех пособие. ТПУ 2009 год.42с